

Cara uji kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong



© BSN 2008

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan dan persyaratan	2
4.1 Umum	2
4.2 Peralatan	2
4.3 Hal yang perlu diperhatikan	3
4.4 Petugas dan penanggung jawab	3
5 Kalibrasi	3
Kalibrasi selongsong	3
Persamaan kalibrasi	4
6 Cara uji kepadatan lapangan	7
Prinsip cara uji	7
Prosedur	8
Perhitungan	9
7 Laporan	9
Lampiran A Gambar-gambar (informatif)	10
Lampiran B Tabel-tabel dan grafik (informatif)	14
Lampiran C Daftar deviasi teknis dan penjelasannya (informatif)	17
Bibliografi	18

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang 'Cara uji kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong' adalah revisi dari SNI 03-6792-2002, *Metode pengujian kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong* yang mengacu pada ASTM D 4564-02a, *Standar test method for density of soil in place by the sleeve methods*. Perubahan pada SNI ini adalah sebagai berikut: beberapa materi mengenai Persyaratan dan Ketentuan serta Cara Pengujian, penjelasan Rumus, pembuatan Bagan Alir, dan pembuatan Contoh Formulir.

Standar ini disusun oleh Gugus Kerja Pendayagunaan Sumber Daya Air Bidang Bahan dan Geoteknik pada Subpanitia Teknis Sumber Daya Air, yang berada di bawah Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standar Nasional 08:2007 dan dibahas pada forum rapat konsensus pada tanggal 14 November 2006 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air Bandung, oleh Subpanitia Teknik dengan melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.



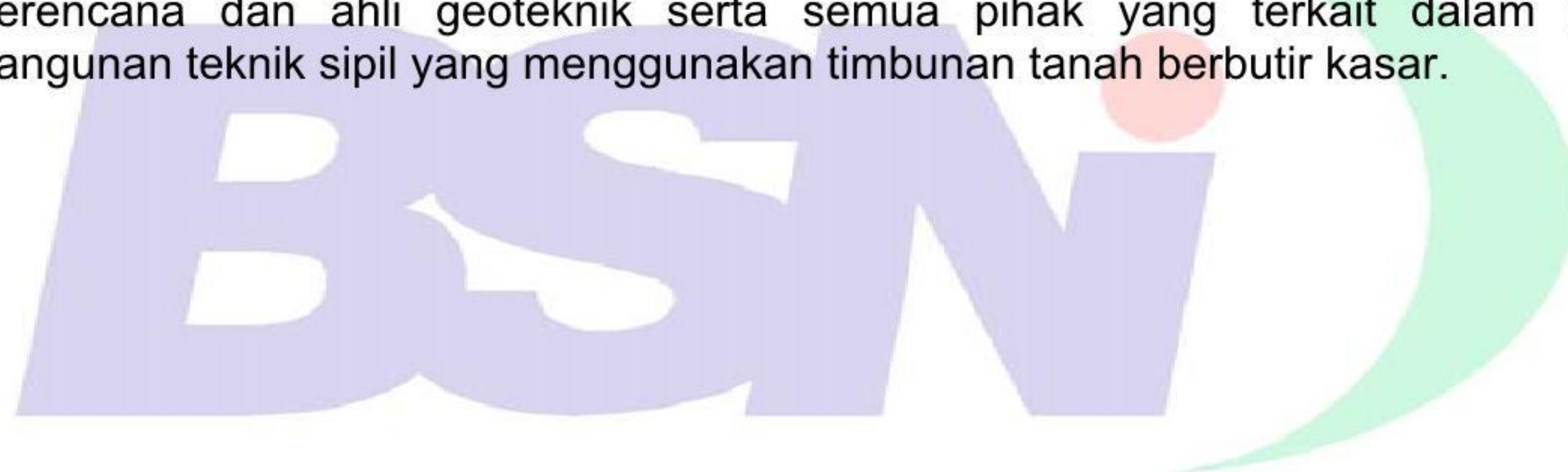
Pendahuluan

Material tanah banyak digunakan sebagai bahan dari suatu bangunan teknik sipil. Tanah ini memiliki gradasi yang bervariasi dari berbutir halus sampai berbutir kasar. Tanah berbutir kasar banyak digunakan sebagai bahan urugan bangunan air dan jalan serta pengisian kembali dalam pekerjaan galian pipa. Untuk mengetahui mutu pekerjaan atas bangunan tersebut, maka diperlukan nilai kepadatan tanah berbutir kasar ini.

Salah satu cara yang cukup efektif dalam penentuan nilai kepadatan tanah tak berkohesi ini adalah dengan cara uji kepadatan tanah di lapangan menggunakan cara selongsong.

Standar ini menguraikan secara lengkap tahapan pengujian kepadatan tanah di lapangan sehingga diharapkan diperoleh data kepadatan tanah berbutir kasar yang dapat dipertanggung jawabkan.

Standar ini dimaksudkan untuk memberi petunjuk dan pegangan dalam penentuan kepadatan tanah tidak berkohesi yang digunakan dalam pelaksanaan timbunan tanah pada bangunan teknik sipil baik bangunan air, jalan, timbunan kembali pekerjaan fondasi bangunan dan galian pipa. Standar ini bermanfaat bagi teknisi, petugas lapangan, pihak perencana dan ahli geoteknik serta semua pihak yang terkait dalam pembangunan bangunan teknik sipil yang menggunakan timbunan tanah berbutir kasar.





Cara uji kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara uji kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong untuk menentukan kepadatan tanah tidak berkohesi atau tanah yang sebagian besar terdiri dari tanah berbutir kasar yang mengandung butiran halus maksimum 5% dan ukuran butiran maksimum 19 mm.

Cara uji ini cocok untuk tanah tak berkohesi pada konstruksi timbunan tanah atau timbunan jalan, isian kembali bangunan, timbunan kembali pipa atau lapisan saring. Selain itu cara uji ini sesuai untuk pengujian mutu konstruksi karena peralatan yang digunakan kecil dan ringan dan pengujian dapat dilakukan pada tempat yang tidak terlalu luas.

2 Acuan normatif

SNI 03-1965-1990, *Metode pengujian kadar air tanah*.

SNI 03-2832-1992, *Metode pengujian untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum dengan kadar air optimum*.

ASTM D 4564-02a, *Standar test method for density of soil in place by the sleeve methods*.

ASTM D 4254-91, *Test methods for minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density*.

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang berkaitan dengan standar ini adalah sebagai berikut.

3.1

butir halus

butir tanah yang melalui ayakan No.200 (0,075 mm)

3.2

kerikil

tanah yang terdiri dari butiran batuan yang memiliki diameter butir antara 4,75 s.d 75,0 mm

3.3

persamaan kalibrasi

hubungan antara kepadatan tanah di tempat dengan berat tanah kering per cm dari lubang uji, dengan asumsi bahwa hubungan dari kedua nilai tersebut linier

3.4

unit selongsong

suatu peralatan uji kepadatan lapangan yang terdiri dari plat dasar, tabung, serta alat pemutar dan pengukur kedalaman lubang uji

4 Ketentuan dan persyaratan

4.1 Umum

Pada pelaksanaan pengujian ini diperlukan persamaan kalibrasi untuk memperoleh harga kepadatan tanah yang mewakili. Persamaan kalibrasi tersebut digunakan untuk menghitung kepadatan tanah dari berat tanah kering per cm kedalaman dari lubang uji yang diukur.

- Persamaan kalibrasi harus ditentukan terlebih dahulu untuk jenis tanah tertentu yang akan diuji. Apabila jenis tanah mengalami perubahan baik gradasi maupun bentuk butirannya, persamaan kalibrasi harus ditentukan kembali sebelum cara selongsong ini digunakan.
- Pada jenis tanah tertentu yang kondisinya seperti diuraikan pada Pasal 1 tetapi persamaan kalibrasi tidak sesuai akibat koefisien korelasi dari data yang tidak baik, cara selongsong tersebut tidak dapat digunakan.
- Pada jenis tanah yang kondisinya memenuhi Pasal 1, dimana persamaan kalibrasi dapat digunakan hanya untuk rentang nilai kepadatan tertentu, cara selongsong ini akan memberikan nilai kepadatan yang dapat diterima hanya untuk rentang nilai kepadatan tersebut.

4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Peralatan kalibrasi antara lain silinder kalibrasi, cukup besar dan kuat, ukuran tinggi 0,3 m dengan volume 0,3 m³ s.d 0,4 m³. Silinder kalibrasi harus mempunyai dinding yang halus dan dasar yang cukup kaku dan kuat, sehingga bentuk dan volumenya tidak berubah selama pengujian berlangsung, luas permukaan silinder tersebut sekitar 1,1 m² s.d 1,3 m², ukuran yang lebih besar dapat menimbulkan kesulitan dalam hal menjaga keseragaman kepadatan di dalam silinder (Lampiran A, Gambar A.2).
- Unit selongsong, terdiri dari plat dasar, selongsong, plat pengukur dan pemutar/penekan (Lampiran A, Gambar A.3).
- Penggaris atau mistar pengukur panjang 30 cm dengan ketelitian 0,4 mm.
- Alat penggetar beton.
- Alat perata (*screed*).
- Neraca dan timbangan, alat ini digunakan untuk menentukan kadar air, mempunyai kapasitas sekitar 1.000 gram sesuai dengan spesifikasi ASTM D 4753 dengan ketelitian 0,1 gram.
- Alat pengering, sesuai SNI 03-1965-1990 untuk mengeringkan contoh tanah beserta tempatnya (cawan dan panci).
- Alat pelengkap antara lain terdiri dari sendok tanah, skop, cangkul, paku dan palu untuk memaku plat dasar, sendok untuk menggali lubang uji, silinder atau tempat lain untuk menyimpan bekas tanah yang dipindahkan dengan kadar air dijaga tidak berubah, penggaris atau alat ukur panjang lain untuk mengukur kedalaman lubang uji, jangka sorong atau mikrometer untuk mengukur diameter selongsong.

4.3 Hal yang perlu diperhatikan

Hal yang perlu diperhatikan, sebagai berikut.

- a) Konsistensi dari gradasi dan bentuk butiran tanah yang akan diuji adalah sangat penting dalam pengujian ini. Penentuan ulang persamaan kalibrasi mungkin diperlukan apabila gradasi dan bentuk butiran berubah. Petugas harus hati-hati terhadap karakteristik dari tanah yang digunakan untuk menentukan persamaan kalibrasi dan mengevaluasi apakah jenis tanah yang diuji telah mengalami perubahan.
- b) Apabila ingin dicapai hasil uji yang teliti, prosedur di bawah harus diperhatikan :
 - 1) Putar selongsong dengan alat pemutar hanya searah jarum jam.
 - 2) Masuknya selongsong ke dalam tanah harus mengikuti tahapan penurunan setiap 2,5 cm seterusnya.
 - 3) Penurunan selongsong ke dalam tanah harus tegak lurus pada plat dasar.
 - 4) Tanah yang diambil dari dalam selongsong tidak boleh lebih dalam dari ujung selongsong.
 - 5) Karena prosedur pengujian ini sensitif, diperlukan petugas yang kompetensi dan cukup berpengalaman melakukan pengujian ini; percobaan pendahuluan perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian yang sebenarnya untuk pemeriksaan mutu konstruksi.
- c) Hasil uji tidak langsung menghasilkan nilai kepadatan tanah, nilai kepadatan tanah di lapangan diperoleh dari persamaan kalibrasi.
- d) Setiap selongsong harus diperiksa dan dicek secara periodik, apabila ujung selongsong yang diserongkan rusak harus diperbaiki dengan menjaga ukuran panjang dan sudutnya supaya tetap memenuhi syarat.

4.4 Petugas dan penanggung jawab

Nama petugas dan penanggung jawab yang kompetensi dan hasil pengujian harus tertulis dengan jelas, dan dibubuhi paraf atau tanda tangannya, beserta tanggal yang jelas.

5 Kalibrasi

5.1 Kalibrasi selongsong

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam kalibrasi selongsong, sebagai berikut.

- a) Dengan menggunakan jangka sorong atau mikrometer, tentukan diameter dalam dari bagian ujung selongsong yang diserongkan di 3 tempat dengan jarak yang sama sekeliling selongsong; apabila dua pengukuran berbeda lebih dari 2,5 mm, selongsong tidak boleh digunakan. Ulangi pengukuran tersebut setelah selongsong telah digunakan lebih dari 100 kali pengujian.
- b) Apabila selongsong yang digunakan untuk menentukan persamaan kalibrasi lebih dari satu, pengukuran diameter selongsong tersebut tidak boleh berbeda lebih dari 1,3 mm. Harus ada pemeriksaan terhadap bagian selongsong yang diserongkan dan yang akan digunakan secara tukar menukar.
- c) Apabila karena keausan diameter mencapai penyimpangan 1,3 mm dari ukuran awalnya, selongsong tidak boleh digunakan, dan harus dibuat kalibrasi baru; untuk menentukan persamaan kalibrasi, selongsong-selongsong yang baru harus mempunyai toleransi 1,3 mm dari selongsong yang digunakan.
- d) Setiap selongsong harus ditandai atau diberi nomor secara permanen.

5.2 Persamaan kalibrasi

5.2.1 Ketentuan dan bahan

- Cara uji ini menguraikan prosedur untuk memperoleh persamaan kalibrasi yang digunakan untuk menentukan kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong.
- Kemungkinan ada jenis tanah yang memenuhi Pasal 1 pada metode uji dimana persamaan kalibrasi tidak berlaku atau hanya berlaku untuk rentang kepadatan tertentu.
- Persamaan kalibrasi harus dibuat terlebih dulu untuk jenis tanah tertentu yang terdapat di lapangan. Persamaan kalibrasi harus dibuat kembali apabila gradasi atau bentuk butiran tanah mengalami perbedaan yang cukup besar.
- Persamaan kalibrasi digunakan untuk menghitung kepadatan tanah di lapangan dari berat tanah kering per cm kedalaman dari lubang uji yang diukur.
- Kepadatan tanah di lapangan yang dihitung dengan persamaan kalibrasi yang telah ditentukan sebelumnya adalah merupakan suatu harga yang cocok untuk pemeriksaan mutu pemadatan tanah yang memenuhi keperluan dalam Pasal 1 pada cara uji.
- Hubungan antara kepadatan di lapangan dan berat tanah kering dari lubang uji dianggap berupa garis lurus (linier). Ini mungkin tidak berlaku untuk tanah tertentu atau hubungan linier tersebut hanya berlaku untuk rentang kepadatan tertentu saja. Setelah menentukan persamaan kalibrasi, hasilnya harus dianalisis dan dievaluasi mengenai dapat digunakan tidaknya persamaan kalibrasi tersebut.
- Contoh tanah yang digunakan untuk menentukan persamaan kalibrasi harus mewakili dari tanah yang akan diuji di lapangan, apabila gradasinya cukup bervariasi, persamaan kalibrasi harus ditentukan terhadap contoh tanah dengan gradasi paling kasar, rata-rata dan paling halus.

5.2.2 Rumus perhitungan

Rumus perhitungan untuk persamaan kalibrasi ini dilakukan dengan menggunakan :

- Lakukan pengukuran kedalaman lubang sampai ketelitian 0,3 mm atau 0,396 mm dibulatkan 0,4 mm, hitung kedalaman rata-rata dari lubang dengan rumus :

$$D_a = \frac{(a + b)}{2} \dots\dots\dots (1)$$

dengan pengertian :

D_a adalah kedalaman rata-rata dari lubang (mm)

a adalah hasil pengukuran kedalaman lubang (mm)

b adalah hasil pengukuran kedalaman lubang pada bagian yang bersilangan (mm)

- Hitung kadar air dan berat kering dari bahan yang diambil dengan rumus :

$$w_f = \left\{ \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} \right\} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

$$W_4 = \frac{W_3}{1 + \frac{w_f}{100}}$$

dengan pengertian :

w_f adalah kadar air dari bahan yang diambil dari lubang (%)

W_1 adalah berat contoh tanah dalam keadaan basah (gram)

W_2 adalah berat contoh tanah dalam keadaan kering (gram)

W_3 adalah berat basah tanah yang diambil dari lubang (gram)

W_4 adalah berat kering tanah yang diambil dari lubang (gram)

- c) Hitung berat tanah kering per cm kedalaman lubang dengan rumus :

$$W = \frac{W_4}{D_a} \dots\dots\dots (3)$$

dengan pengertian :

W adalah berat tanah kering per cm lubang (gram/mm)

W₄ adalah berat kering dari bahan yang diambil dari lubang (gram)

D_a adalah kedalaman rata-rata lubang (mm)

5.2.3 Persiapan

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan, sebagai berikut.

- Lakukan kalibrasi di dalam laboratorium atau tempat terlindung untuk menjaga kondisi kadar air tetap merata.
- Siapkan contoh uji sebanyak 0,75 m³.
- Lakukan penentuan nilai kepadatan maksimum dan minimum dengan menggunakan metode uji SNI 03-2832-1992. Siapkan contoh uji tanah yang akan diperlukan untuk pelaksanaan pengujian sebanyak hasil perkalian volume silinder dengan nilai kepadatan maksimum tersebut.
- Campur contoh uji sampai merata.
- Dengan kondisi kadar air yang dijaga merata, perlu dibuat contoh-contoh pada beberapa variasi kadar air dari kering udara sampai basah untuk memperoleh kepadatan tertentu yang diinginkan.
- Letakkan silinder kalibrasi pada permukaan yang bersih dan rata, ukur dan catat diameter atau lebar silinder pada 4 tempat yang berbeda dengan jarak yang sama, ambil nilai rata-rata, ukur dan catat tinggi silinder, juga pada empat tempat yang berbeda, dan hitung nilai rata-rata, kemudian hitung volume silinder berdasarkan hasil pengukuran tersebut.
- Rencanakan nilai kepadatan tanah untuk pelaksanaan kalibrasi dengan menggunakan hasil nilai kepadatan minimum dan maksimum yang diperoleh berdasarkan metode uji SNI 03-2832-1992 dan ASTM D 4254. Dalam kalibrasi ini diperlukan 10 nilai kepadatan tanah yang berbeda dan bernilai di antara kepadatan minimum sampai dengan nilai kepadatan maksimum. Bila perbedaan nilai kepadatan minimum dan maksimum tidak terlalu besar, cukup direncanakan 2 (dua) seri dari lima percobaan kepadatan secara berulang.
- Tentukan dan siapkan berat tanah yang diperlukan dengan mengalikan nilai 95% kepadatan relatif dengan volume silinder kalibrasi.

5.2.4 Prosedur persamaan kalibrasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam prosedur persamaan kalibrasi, sebagai berikut.

- Untuk mengurangi proses penentuan kepadatan tanah dalam silinder kalibrasi, mulailah pada kepadatan yang rendah dan tingkatkan kepadatan untuk setiap urutan percobaan. Tanah kering udara perlu dibuat untuk memperoleh kepadatan yang lebih rendah. Penambahan tanah ke dalam silinder kalibrasi untuk menaikkan kepadatan mungkin diperlukan 2 (dua) kali tanpa mengeluarkan contoh tanah. Setelah penambahan tanah yang kedua, tanah harus dikeluarkan dari silinder atau dicampur sampai rata sebelum dipadatkan kembali. Ini akan mengurangi variasi kepadatan dalam silinder. Tingkatkan kepadatan dengan menggunakan alat penggetar beton secara merata. Dinding silinder kalibrasi dapat dipukul/diketuk secara merata untuk membantu tercapainya kepadatan yang diperlukan. Apabila penambahan air diperlukan untuk mencapai kepadatan yang

diinginkan, harus diberikan waktu yang cukup supaya terjadi drainasi sebelum memulai tahapan uji berikutnya. Kepadatan harus dibuat merata di dalam silinder kalibrasi.

- b) Tentukan berat tanah yang diperlukan dengan mengkalikan kepadatan yang diinginkan dengan volume silinder kalibrasi.
- c) Masukkan tanah ke dalam silinder kalibrasi; ratakan permukaan tanah dalam silinder kalibrasi dengan menggunakan alat perata; kumpulkan dan tentukan berat tanah yang terbuang dan kurangkan berat tanah terbuang tersebut dari volume total. Tentukan kadar air sesuai metode uji SNI-1965-1990 dan hitung kepadatan kering dengan menggunakan silinder kalibrasi.
- d) Tentukan 5 (lima) tempat pada permukaan tanah dalam silinder kalibrasi untuk memulai pengujian, dengan mempertimbangkan bahwa diperlukan 5 (lima) pengujian untuk setiap silinder. Hati-hati untuk tidak memberikan tekanan pada permukaan di dekat plat dasar yang dapat mempengaruhi kondisi tanah yang akan diuji.
- e) Tempatkan plat dasar pada tempat dari salah satu lima tempat pada permukaan tanah dalam silinder kalibrasi tersebut, pastikan tidak ada rongga di bawah plat dasar selongsong, dan agar plat dasar tidak mudah menggeser, pakukan paku melalui lubang yang berada di empat sudut plat dasar.
- f) Selama pelaksanaan pengujian, pelaksanaan kegiatan harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak memberikan tekanan pada permukaan tanah di dekat plat dasar yang mungkin dapat mengganggu tanah dalam silinder kalibrasi. Bila ternyata getaran dapat mengganggu tanah ini, maka kegiatan lainnya tersebut harus dihentikan.
- g) Tempatkan selongsong ke dalam lubang plat dasar yang telah disiapkan dan letakkan alat pemutar di atas selongsong. Putarlah selongsong perlahan-lahan ke dalam tanah searah jarum jam. Selama penekanan dan pemutaran selongsong harus dilakukan sesuai dengan uji coba penekanan dan dilaksanakan harus tegak lurus plat dasar selongsong.
- h) Beri tanda pada bagian dalam dinding selongsong sekitar 25 mm di atas ujung selongsong, angkat penekan dan pemutar dan keluarkan tanah dari dalam selongsong dengan hati-hati sehingga tidak mengganggu tanah di bagian bawah ujung selongsong. Masukkan tanah yang terambil tersebut ke dalam tempat tertutup kedap udara agar kadar air tidak berubah. Lanjutkan penekanan dan pemutaran selongsong setiap kedalaman 25 mm sampai pemutaran mencapai plat dasar. Jangan mengambil tanah yang berada di bawah ujung selongsong.
- i) Setelah pengambilan tanah hingga kedalaman maksimum sedalam selongsong, ratakan dasar lubang.
- j) Tutup dan bungkus rapat-rapat wadah tempat tanah yang diambil untuk menjaga kadar air tanah ini tidak berubah.
- k) Letakkan alat pengukur pada dasar lubang dan putar atau posisikan agar plat dasar pada posisi yang datar. Angkat plat pengukur dan periksa dasar lubang apakah telah rata. Setelah itu, letakkan kembali plat pengukur. Ukur dan catat kedalaman lubang dari plat dasar ke bagian atas dari plat pengukur dengan menggunakan mistar pengukur. Lakukan 4 (empat) pengukuran kedalaman pada keempat bagian gigi pemutar yang ada pada selongsong. Dua pengukuran pada setiap arah 180° yang berbeda diperlukan untuk menentukan kedalaman rata-rata lubang.
- l) Hitung kedalaman rata-rata dasar lubang dari hasil pengukuran pada dua arah yang saling berhadapan. Apabila nilai rata-rata dari dua pengukuran tersebut lebih besar dari 1,3 mm dari yang lain, lakukan pengukuran ulang. Dalam perhitungan, gunakan hasil pengukuran pertama dari kedua pengukuran tersebut. Pemberian tanda pada bagian gigi pemutar akan menolong proses pengukuran ini.

- m) tentukan berat tanah dari lubang dengan ketelitian 1,0 gram.
- n) Tentukan kadar air dari tanah yang diambil dari lubang sesuai dengan cara uji SNI 03-1965-1990. Apabila kadar air bervariasi misalnya dijumpai air pada dasar lubang, nilai tersebut tidak mewakili. Dalam hal ini, seluruh contoh tanah harus dalam keadaan kering oven untuk memperoleh keadaan berat kering tersebut.
- o) Hitung berat tanah dalam keadaan kering yang diambil dari lubang.
- p) Hitung berat tanah kering per cm ke dalam lubang.
- q) Ulangi tahapan e) sampai dengan p) di atas pada setiap tempat yang telah ditentukan untuk melakukan berat tanah dari masing-masing lubang uji selongsong pada permukaan tanah silinder kalibrasi.
- r) Ulangi butir b) sampai dengan q) sebanyak 10 kali dengan kepadatan tanah yang berbeda dan bernilai diantara nilai kepadatan minimum sampai dengan nilai kepadatan maksimum sesuai dengan kepadatan yang telah ditentukan.
- s) Hitung berat tanah per cm kedalaman untuk setiap selongsong pada setiap kepadatan (Tabel B.1) dan buat ringkasan dari semua kepadatan tanah di dalam silinder (Tabel B.2).
- t) Buat analisis regresi linier dari data untuk menentukan persamaan kalibrasi seperti pada Grafik B.3. Evaluasi persamaan kalibrasi tersebut dapat tidaknya digunakan untuk tanah yang diuji.
 - 1) Pelajari konsistensi dari data; perhitungan koefisien korelasi akan membantu dalam menentukan persamaan kalibrasi. Tergantung dari aplikasi penentuan kepadatan di lapangan, koefisien determinasi biasanya tidak kurang dari 0,9.
 - 2) Untuk sebagian tanah, data mungkin menunjukkan penyimpangan yang tidak dapat diterima pada kepadatan yang lebih rendah. Titik-titik data tersebut dapat diabaikan untuk menentukan persamaan kalibrasi yang baik. Persamaan kalibrasi hanya berlaku untuk harga kepadatan tertentu.

5.2.5 Hasil persamaan kalibrasi

Hasil persamaan kalibrasi dilaporkan sebagai berikut.

- a) Uraian dan gambar dari silinder kalibrasi.
- b) Analisis gradasi dari bahan tanah.
- c) Uraian bentuk butir tanah dan fotonya.
- d) Isi dan lengkapi formulir seperti pada Tabel B.1 dan Tabel B.2.
- e) Simpan data hasil uji dari kepadatan relatif (minimum dan maksimum) SNI 03-2832-1992 dan ASTM D 4254-91, *Test methods for minimum index density and unit weight of soils and calculation of relative density*.
- f) Plot grafik persamaan kalibrasi seperti pada Grafik B.3.

6 Cara uji kepadatan lapangan

6.1 Prinsip cara uji

Pada cara uji ini, kepadatan tanah di lapangan ditentukan dengan memasukkan sebuah selongsong yang terbuat dari logam ke dalam tanah yang akan diuji, mengambil (memindahkan) tanah dari dalam selongsong dan menentukan berat tanah kering yang diambil per 2,5 cm kedalaman lubang penggalian di dalam selongsong. Berat tanah per cm tersebut dikorelasikan terhadap kepadatan kering di lapangan dengan menggunakan persamaan kalibrasi yang telah ditentukan terlebih dahulu untuk jenis tanah tertentu yang akan diuji.

6.2 Prosedur

Prosedur cara uji dilakukan sebagai berikut :

- a) Ratakan permukaan tanah yang akan diuji, tempatkan plat dasar pada permukaan tanah yang telah disiapkan, pastikan tidak ada rongga di bawah plat, dan agar plat dasar tidak mudah bergeser pakukan paku melalui lubang yang berada di empat sudut plat dasar.
- b) Selama pengujian pelaksanaan kegiatan harus dilakukan secara hati-hati agar tidak memberikan tekanan pada permukaan tanah di dekat plat dasar yang mungkin dapat mengganggu kondisi tanah setempat. Pelaksanaan atau kegiatan lain harus dihentikan untuk menjaga terganggunya tanah, oleh tekanan atau getaran.
- c) Tempatkan ujung selongsong pada permukaan tanah yang berada di dalam lubang plat dasar. Letakkan pemutar di atas selongsong. Putar selongsong perlahan-lahan searah jarum jam. Selama penekanan selongsong ke dalam tanah harus mengikuti tahapan penurunan selongsong. Penurunan selongsong ke dalam tanah harus tegak lurus plat dasar.
- d) Beri tanda pada bagian dalam selongsong sekitar 25 mm di atas ujung selongsong; angkat pemutar dan keluarkan tanah dari dalam selongsong dengan hati-hati sehingga tidak mengganggu tanah di bagian bawah ujung selongsong. Masukkan tanah yang terambil tersebut ke dalam tempat tertutup kedap udara supaya kadar airnya tidak berubah, lanjutkan penekanan dan pemutaran selongsong dengan cara memutar sesuai dengan tahapan yang telah ditentukan sampai pemutar mencapai plat dasar. Jangan mengambil tanah di bawah ujung selongsong.
- e) Setelah pengambilan tanah hingga kedalaman maksimum selongsong, ratakan dasar lubang.
- f) Tutup dan bungkus rapat-rapat tempat tanah yang diambil untuk menjaga kadar airnya tidak berubah.
- g) Letakkan plat pengukur pada dasar lubang dan putar secukupnya supaya dapat duduk dengan benar. Angkat plat pengukur dan periksa dasar lubang apakah telah rata. Setelah itu, letakkan kembali plat pengukur. Ukur dan catat kedalaman lubang dengan mengukur kedalaman dari plat dasar ke bagian atas dari plat pengukur dengan menggunakan mistar pengukur. Lakukan 4 (empat) pengukuran pada ke empat bagian gigi pemutar yang ada pada selongsong. Dua pengukuran pada setiap arah 180° yang berbeda diperlukan untuk menentukan kedalaman rata-rata lubang.
- h) Hitung kedalaman rata-rata dasar lubang dari hasil pengukuran pada 2 (dua) arah yang saling berhadapan tersebut. Apabila nilai rata-rata dari dua pengukuran tersebut lebih besar dari 1,3 mm dari yang lain, lakukan pengukuran ulang. Dalam perhitungan gunakan hasil pengukuran pertama dari kedua pengukuran tersebut. Pemberian tanda pada bagian gigi pemutar akan menolong proses pengukuran ini.
- i) Tentukan berat tanah yang diambil dari lubang uji dengan ketelitian 1,0 gram.
- j) Tentukan kadar air dari tanah yang diambil dari lubang uji sesuai dengan Cara uji SNI 03-1965-1990. Apabila kadar air bervariasi (misalnya dijumpai air pada dasar lubang), nilai tersebut tidak mewakili. Dalam hal ini, seluruh contoh tanah harus dalam keadaan kering oven untuk memperoleh keadaan berat kering tersebut.
- k) Hitung berat tanah dalam keadaan kering yang diambil dari lubang uji.
- l) Hitung berat kering tanah per cm kedalaman lubang uji.
- m) Dengan menggunakan persamaan kalibrasi, hitung kepadatan kering lapangan.

6.3 Perhitungan

Untuk memperoleh nilai kepadatan kering lapangan perlu dilakukan sebagai berikut.

- Hitung kepadatan kering di tempat dengan menggunakan persamaan kalibrasi yang telah ditentukan. Kepadatan kering lapangan adalah $1,595 \text{ gr/cm}^3$ atau $15,95 \text{ kN/m}^3$.
- Dengan menggunakan data seperti pada contoh, kepadatan kering di tempat dihitung sebagai berikut :

$$Y = m x + n$$

$$y = 229,575 x + 150,519 \dots\dots\dots (4)$$

$$x = 0,004356 y - 0,6556 \dots\dots\dots (5)$$

Untuk :

y = yaitu berat tanah kering per cm dengan nilai = $516,8 \text{ gr/cm}$

maka diperoleh $x = 1,5955 \text{ gram/cm}^3$ sebagai kepadatan kering lapangan

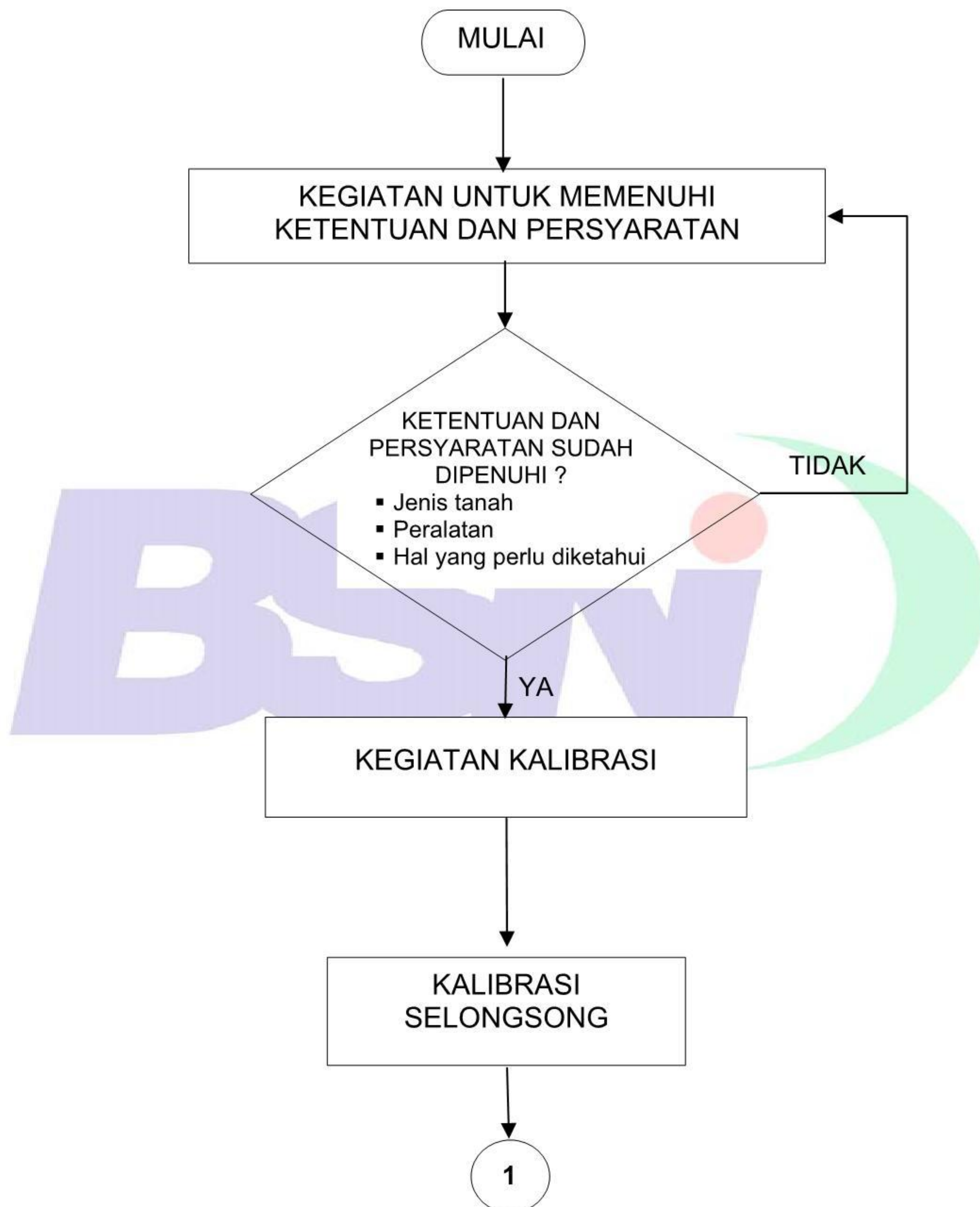
7 Laporan

Data yang dilaporkan berisi :

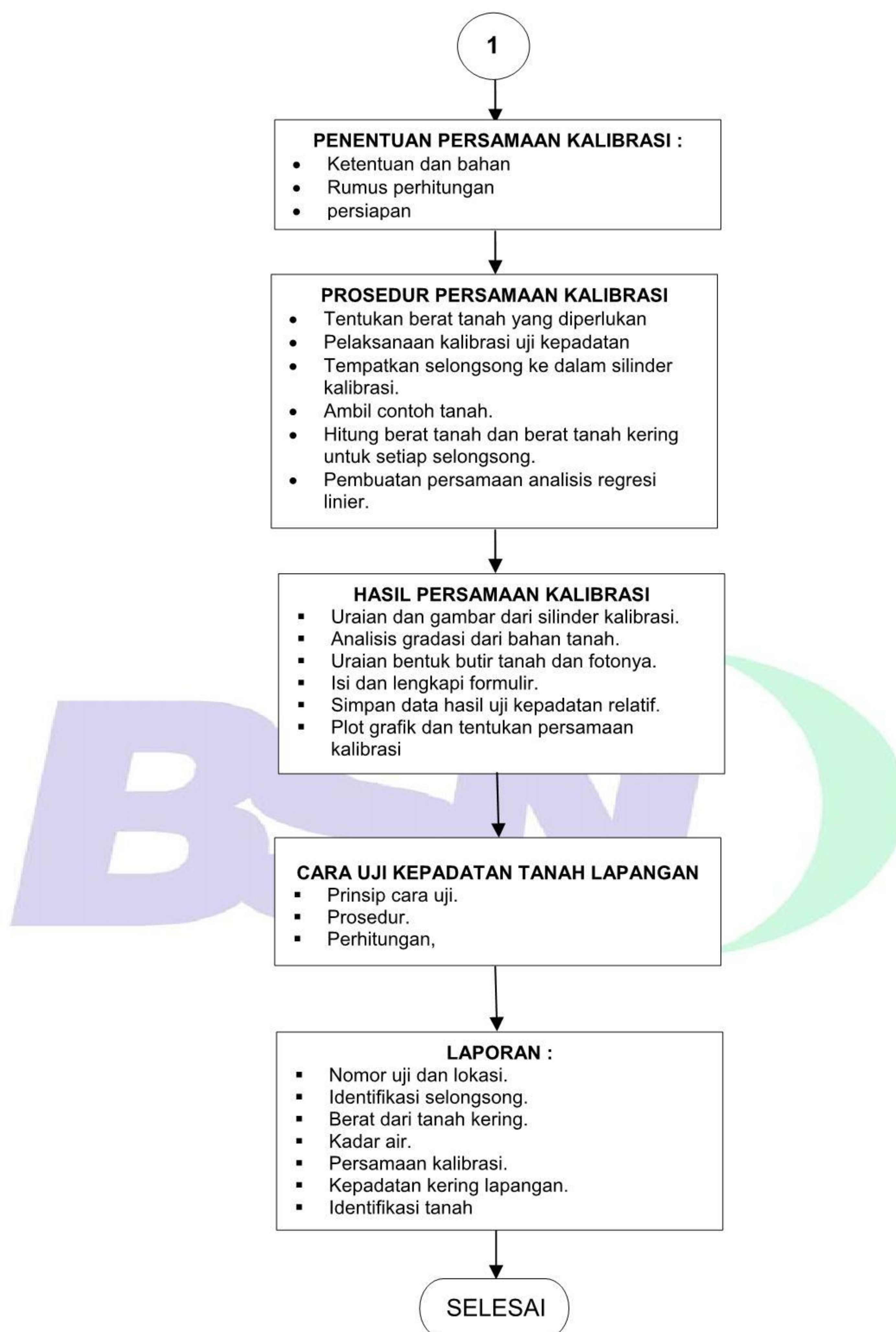
- nomor uji dan lokasi;
- identifikasi selongsong;
- berat tanah kering per cm lubang uji;
- kadar air;
- persamaan kalibrasi;
- kepadatan kering di tempat;
- identifikasi tanah;
- pengambilan foto kegiatan;
- ditandatangani petugas uji dan pemeriksa.

Lampiran A
(Informatif)

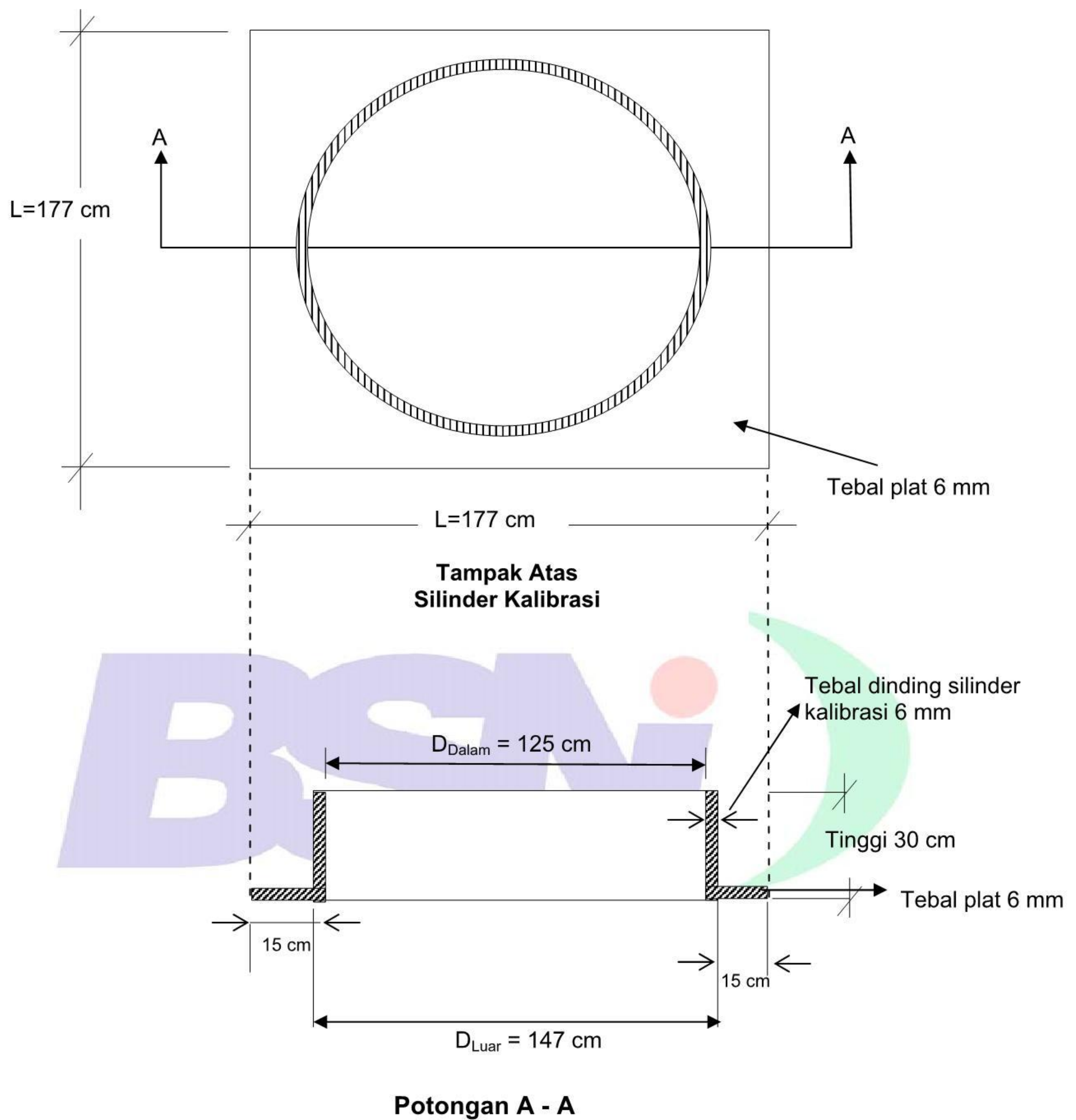
Gambar-gambar



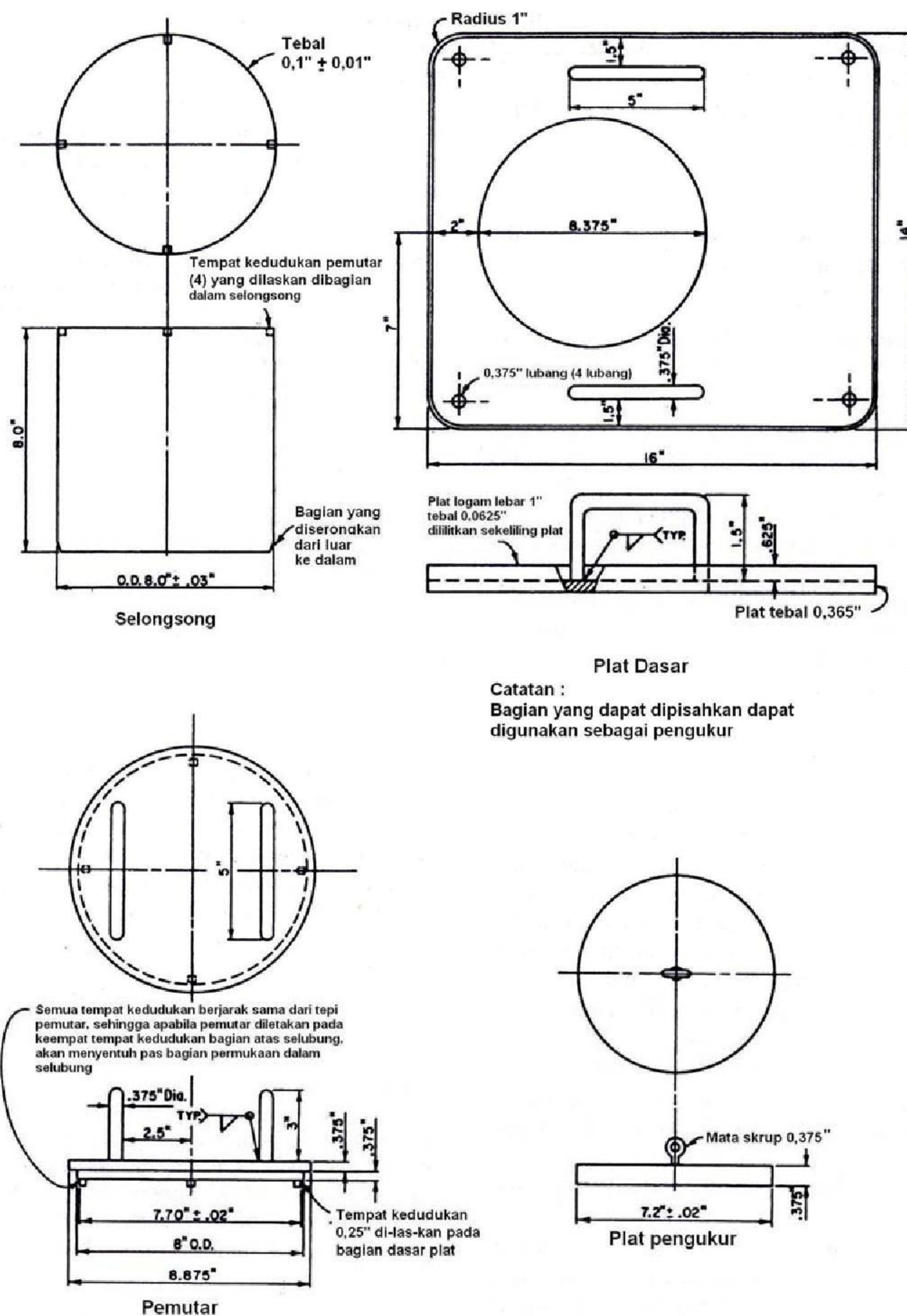
Gambar A.1 Contoh bagan alir cara uji kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong



Gambar A.1 Contoh bagan alir cara uji kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong (lanjutan)



Gambar A.2 Silinder kalibrasi



Gambar A.3 Peralatan kepadatan selubung

Lampiran B
(informatif)

Tabel-tabel dan grafik

Tabel B.1 Pencatatan kalibrasi kepadatan tanah dengan selongsong

Proyek	: Wadaslintang	Keadaan	: Cerah
Identifikasi Tanah	: - % gravel 97,5 % pasir 2,5 % butir halus	Tanggal	: 20 Juli 2005
No. Selongsong	: 15	Diuji oleh	: Mudjiono
Kadar air, w	: 0,3%	Diperiksa oleh	: Djoko Mudjihardjo, ME.
Kepadatan Maks, γ_{max}	: 1,67 gram/cm ³	Disetujui oleh	: Ir. Tatang Sutardjo, M.Eng.
Kepadatan Min, γ_{min}	: 1,47 gram/cm ³		
Kadar air, ω	: 0,3 %		

Kontrol kepadatan kering di lapangan :

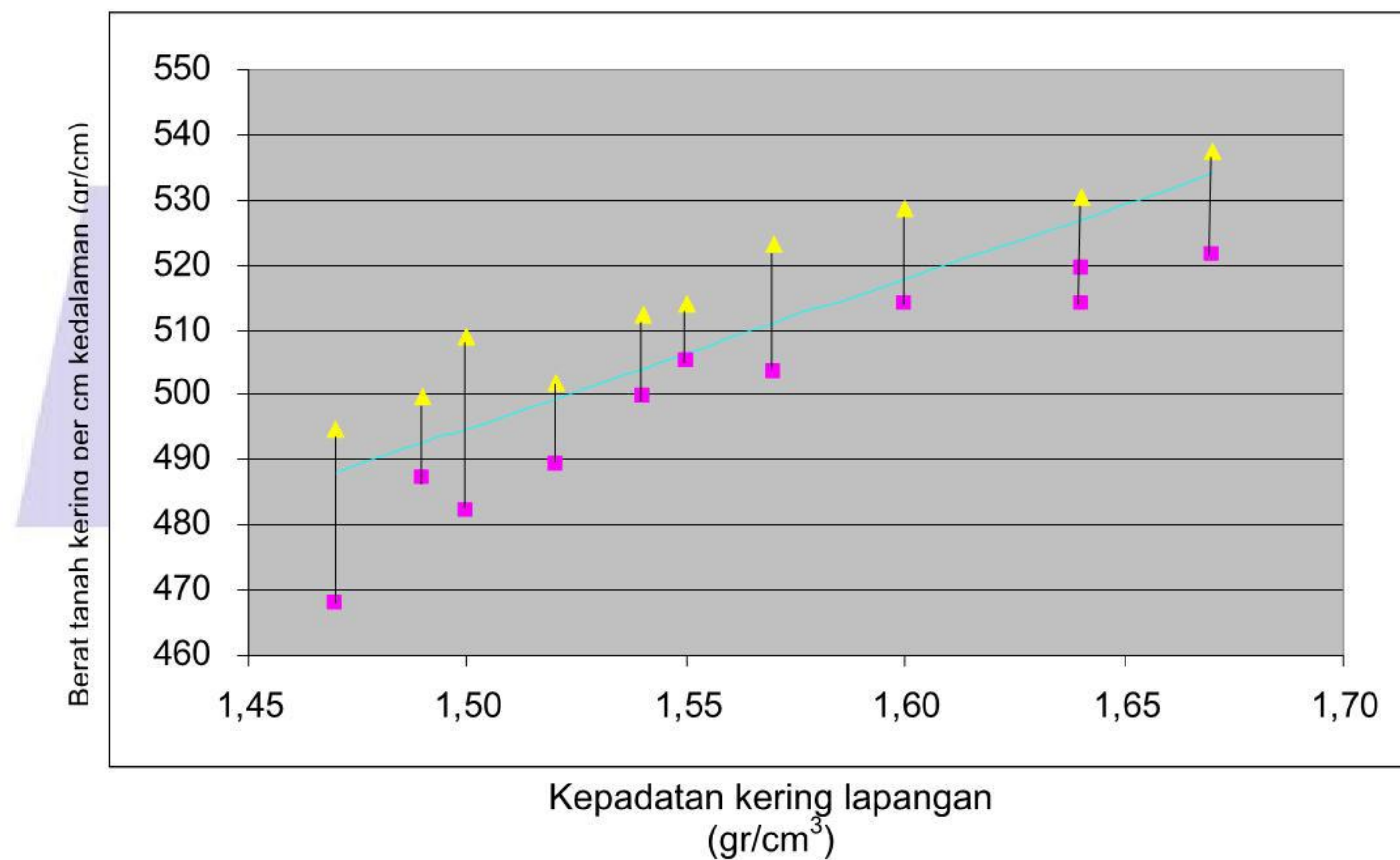
(1) Kontrol kepadatan kering yang diinginkan	1,47 gram/cm ³
(2) Volume silinder kalibrasi	0,358 m ³
(3) Berat tanah kering yang diinginkan : (1) x (2)	527,07 kg
(4) Berat tanah basah yang diinginkan : (3) x $\left(1 + \frac{w}{100}\right)$	528,66 kg
(5) Berat tanah basah yang tidak digunakan	-
(6) Berat tanah basah yang digunakan : (4) - (5)	528,66 kg
(7) Berat tanah kering yang digunakan : (6) / $\left(1 + \frac{w}{100}\right)$	527,07 kg
(8) Kontrol kepadatan kering : (7) / (2) x 10	1,47 gram/cm ³

Seri uji : 5 pengujian yang diperlukan per kepadatan kontrol

	1	2	3	4	5
(9) Pengukuran kedalaman (cm) (a)	17,93	17,53	17,30	17,48	16,84
(b)	18,03	17,73	18,49	17,12	17,12
(10) Kedalaman rata-rata (cm) : $\frac{1}{2} (9a + 9b)$	17,98	17,63	18,11	17,30	17,02
(11) Berat tanah basah + wadah (gram)	9596	9651	10,14	9524	9356
(12) Berat wadah No.(45) (gram)	1156	1156	1156	1156	1156
(13) Berat tanah basah (gram): (11) - (12)	8439	8494	8984	8367	8200
(14) Berat tanah kering (gram): $(13) / \left(1 + \frac{w}{100}\right)$	8413	8467	8970	8340	8177
(15) Berat tanah kering gram/cm per cm Kedalaman (gram/cm) : (14) / (10)	467,9	480,3	495,3	482,1	480,4

Tabel B.2 Ringkasan hasil kalibrasi

Kalibrasi kepadatan (gr/cm ³)	Berat tanah kering (gr/cm)					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
1,47	467,9	480,3	494,6	482,1	480,3	487,99
1,49	487,4	492,8	494,6	499,9	498,1	492,59
1,50	508,9	496,4	505,3	482,1	487,4	494,88
1,52	501,7	501,7	489,2	499,9	499,9	499,47
1,54	510,6	512,4	499,9	505,3	507,1	504,06
1,55	505,3	512,4	508,9	514,2	510,6	506,36
1,57	503,5	508,9	523,1	521,4	505,3	510,95
1,60	516,0	514,2	528,5	521,4	516,0	517,84
1,64	530,3	514,2	526,7	526,7	519,6	527,02
1,64	519,6	528,5	528,5	530,3	526,7	527,02
1,67	521,4	530,3	537,4	537,4	537,4	533,91



Grafik B.3 Hasil plot persamaan kalibrasi

Keluaran regresi
 Konstan : 150,519
 Kesalahan standar pada perkiraan y : 24,118
 Koef. Determinasi R^2 : 0,9069
 Jumlah pengamatan : 11
 Derajat kebebasan : 9
 Koefisien x : 229,575
 Kesalahan standar pada koefisien : 15,420.

$Y = 229,575x + 150,519$ untuk $y = 516,8$
 $516,8 = 229,575x + 150,519$ jadi $x = 1,595$ atau
 Kepadatan kering lapangan = $1,595 \text{ gr/cm}^3$

Tabel B.4 Pencatatan kepadatan di lapangan cara selongsong

No. Pengujian	: A.43	Zona	: Zona transisi
Lokasi	: Wadas Lintang	Tanggal	: 21 Juli 2005
Identifikasi Tanah	: Pasir berbutir sedang	Diuji oleh	: Mudjiono
No. Selongsong	: 15	Diperiksa oleh	: Djoko Mudjihardjo, ME.
Urutan masuknya selongsong	: $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, penuh	Disetujui oleh	: Ir. Tatang Sutardjo, M.Eng.
Keadaan	: Cerah		

Pengukuran di lapangan	satuan	
(1) Pengukuran kedalaman lubang, (cm):	a) 19,23	19,51
	b) 19,13	18,85
	19,18	19,18
(2) Kedalaman rata-rata $\frac{1}{2}$ (a+b), (cm):		19,18
(3) Berat tanah basah + wadah, (gram)		10912
(4) Berat wadah, (gram):		980
(5) Berat tanah basah (3) – (4), (gram):		9932
(6) Berat tanah basah per cm kedalaman (5) / (2), (gr/cm):		517,8
(7) Berat tanah kering per cm kedalaman $\frac{(6)}{1 + \frac{13}{100}}$, (gr/cm):		516,8
<hr/>		
Penentuan kadar air, (%)		
(8) Berat tanah basah + wadah, (gram)	5718,8	
(9) Berat tanah kering + wadah 1111111111', (gram)		5632,7
(10) Berat cawan, (gram)	988,7	
(11) Berat air (8) – (9), (gram)	86,1	
(12) Berat tanah kering (9) – (10), (gram)	4644	
(13) Kadar air (11) / (12) x 100, (%)	1,9	

Penentuan kepadatan di tempat :

(14) Persamaan kalibrasi, $y = mx + n$ dari hasil persamaan kalibrasi diperoleh

$$y = 229,575x + 150,519$$

(15) Kepadatan kering lapangan

Masukkan (7) kedalam grafik persamaan kalibrasi : $516,8 = 229,575x + 150,519$

Kepadatan kering lapangan (x) = $1,595 \text{ gr/cm}^3$ atau $x = 15,95 \text{ kN/m}^3$.

Lampiran C
(informatif)

Tabel C.1 Daftar deviasi teknis dan penjelasannya

No.	Materi	Sebelum	Revisi
1	Format	Tanpa format acuan	Perubahan format dan layout SNI sesuai BSN No. 8 Tahun 2000
2	- Ketentuan dan persyaratan - Cara pengujian	Tidak ada	Penambahan dan revisi beberapa materi diantaranya Peralatan dan Bahan (Pasal 5.2.1.2-3),
3	Rumus	Simbol rumus masih yang lama	Simbol dan satuan sudah diperbaiki sesuai kondisi sekarang (Rumus 2 dan 3)
4	Bagan Alir	Tidak ada	Pembuatan Bagan alir (Lampiran A)
5	Contoh Formulir	Sudah ada, tapi masih kurang lengkap	Penyempurnaan contoh formulir pengisian berdasarkan tahun terbaru pengujian (Lampiran B)

Bibliografi

SNI 03-6792-2002, *Metode pengujian kepadatan tanah di lapangan dengan cara selongsong.*

SNI 03-1965-1990, *Cara pengujian kadar air tanah.*

SNI 03-2832-1992, *Cara pengujian untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum dengan kadar air optimum.*











BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id